

# MIGRACIÓN DE FUENTES SÍSMICAS A LO LARGO DEL CINTURÓN DE FUEGO DEL PACÍFICO

## SEISMIC SOURCES MIGRATION ALONG THE PACIFIC RING OF FIRE

Adriana López\*, César Iván Álvarez y Edwin Villarreal

Grupo de investigación IDEIA-GEO-CA, Universidad Politécnica Salesiana Av. Morán Valverde s/n y Rumichaca, Quito, Ecuador.

\*Autora para correspondencia: [alopezm@ups.edu.ec](mailto:alopezm@ups.edu.ec)

Manuscrito recibido el 7 de noviembre de 2016. Revisado el 17 de noviembre de 2016. Aceptado el 18 de diciembre de 2016. Publicado el 30 de diciembre de 2016.

### Resumen

El presente artículo está basado en el análisis de datos correspondientes a sismos generados a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico en el período desde 1970 a 2014, utilizando la base de datos IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology). Con este análisis se determinó que existe una migración de fuentes sísmicas en esta región. Además, de los resultados obtenidos se encontró que esta migración se produce en sentido anti horario en la mayor parte de zonas, a excepción de las zonas que comprenden la Placa Australiana y la Placa del Pacífico.

**Palabras claves:** migración de fuentes sísmicas, Cinturón de Fuego del Pacífico.

### Abstract

The present article is based on the analysis of data corresponding to earthquakes generated along the Pacific Ring of Fire using the IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) data base, in the period from 1970 to 2014. It was determined a migration of seismic sources in this region. In addition, this migration occurs clockwise in most areas, except on the Australian and the Pacific plate.

**Keywords:** seismic sources migration, Pacific Ring of Fire.

Forma sugerida de citar: López, A., C. I. Álvarez y E. Villarreal. 2017. **Migración de fuentes sísmicas a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico**. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 25(1):5-15. pISSN:1390-3799; eISSN:1390-8596.

## 1 Introducción

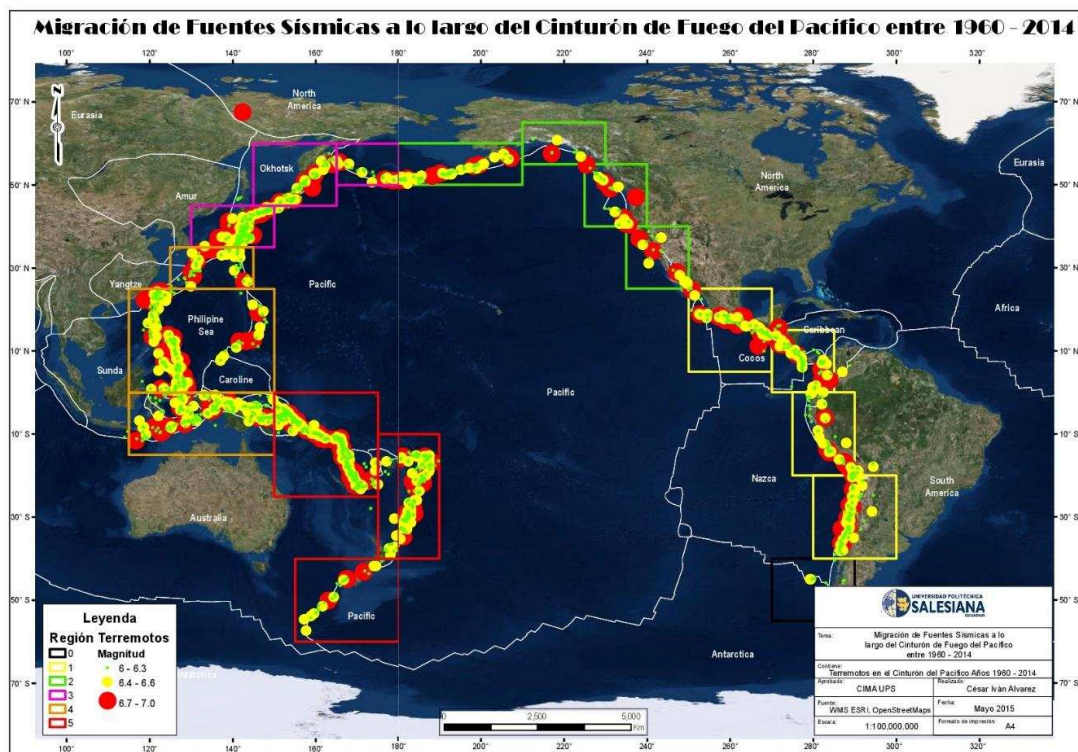
El fenómeno de migración de fuentes sísmicas es conocido desde 1958 con los trabajos de Charles Francis Richter (Akmanova y Osipova, 2007; Видулин, 2000), pero fue K. Mogi el primero en observar la migración de actividad sísmica como un fenómeno a escala mundial (Mogi, 1986). Fue Osipova N. A. (Akmanova y Osipova, 2007; Осипова, 2007a,b) quien definió el valor de velocidad existente para sismos de magnitud mayor a 8.

Sin embargo, no existe información acerca de la migración de fuentes sísmicas para eventos de magnitudes inferiores, sobretodo por una desigual capacidad de detección de los diferentes países que conforman en Cinturón de Fuego (IRIS, 2016), es por eso que esta investigación busca conocer la dinámica de este importante centro sísmico del planeta.

## 2 Recolección de datos

En base a los datos recolectados del catálogo mundial sísmico IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) (Catálogos de terremotos de IRIS), se elaboró una lista de terremotos con magnitudes superiores o iguales a los 6 grados y menores a los 7 grados en la escala de Richter; siendo estos considerados fuertes y por su intensidad los que empiezan a producir daños en zonas pobladas, además se consideró las profundidades menores a 100 km. Considerándose la variación de velocidad de las ondas sísmica P y S ocurridos debido a la discontinuidad de Moho ocurridos a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico desde 1960 hasta 2014.

Los datos recolectados fueron distribuidos en períodos de cinco años, tiempo en el cual se puede observar la formación de cadenas migratoria, teniendo así un total de 9 períodos de estudio.



**Figura 1.** Distribución de epicentros sísmicos 1960-2014. Región 1: cuadros de color amarillo; Región 2: cuadros de color verde; Región 3: cuadros de color magenta; Región 4: cuadros de color naranja; Región 5: cuadros de color rojo.

Los catálogos constan aproximadamente de 3000 terremotos, en los cuales existen eventos que no corresponden al área de estudio. Por este motivo, se realizó un trabajo de depuración de datos mediante la ayuda del programa informático Excel, consiguiendo con ello los eventos que pertenecen a la zona de estudio, para con estos realizar el análisis de migración de fuentes sísmicas (Figura 1).

Para realizar el análisis de migración de fuentes sísmicas se dividió el arco sísmico del Pacífico en 24 zonas, iniciando en el límite divergente entre las placas Pacífica y Antártica. Se tomó como zona inicial la región comprendida entre las latitudes 55° Sur a 65° Sur, y longitudes 180° Este a 140° Oeste, las demás zonas se construyeron a partir de esta,

manteniendo un sentido anti horario a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico.

Una vez establecidas las zonas se determinó el número de terremotos con magnitudes comprendidas entre los 6 y 7 grados en la escala de Richter dentro de cada una de las mismas como se muestra en la Tabla 1.

Para establecer las cadenas migratorias se toma como referencia el número de terremotos ocurridos en una zona durante el primer intervalo de tiempo, para luego observando los valores en los siguientes períodos de tiempo y en las zonas adyacentes a la misma establecer una relación con dichos valores ya sea creciente o decreciente.

**Tabla 1.** Distribución de terremotos por zonas.

	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 1	0	0	0	0	0	2	1	3	2
Zona 2	2	0	0	0	0	1	3	10	2
Zona 3	1	1	2	0	0	6	4	5	1
Zona 4	2	0	0	3	4	3	3	4	2
Zona 5	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Zona 6	0	0	0	0	0	2	0	4	3
Zona 7	6	6	5	14	4	10	13	12	30
Zona 8	6	1	2	6	5	5	4	13	10
Zona 9	2	6	4	4	11	12	18	17	7
Zona 10	2	3	4	4	10	20	12	11	11
Zona 11	2	0	2	2	5	1	2	3	4
Zona 12	0	0	0	0	1	0	8	4	5
Zona 13	2	1	2	1	1	0	1	0	1
Zona 14	1	3	6	13	9	10	6	19	11
Zona 15	0	2	2	5	2	5	5	5	2
Zona 16	7	0	8	7	9	9	5	22	14
Zona 17	8	11	16	16	25	17	21	18	69
Zona 18	4	3	7	5	4	14	15	15	5
Zona 19	12	22	15	27	34	43	29	50	19
Zona 20	11	11	7	22	33	29	46	35	30
Zona 21	29	29	16	33	37	37	81	91	53
Zona 22	5	18	13	23	24	31	24	43	12
Zona 23	0	2	3	4	5	3	4	8	4
Zona 24	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	103	120	114	189	223	260	305	394	297

En caso de que la relación sea creciente, esta nos indica la existencia de una migración de fuentes sísmicas en las zonas en cuestión. Por otro lado, si la relación es decreciente, estaríamos afirmando que existe una migración de fuentes sísmicas hacia atrás en el tiempo, algo que físicamente no es comprensible. En este último caso debemos analizar la existencia de una migración de fuentes sísmicas en dirección contraria a la que inicialmente consideramos.

Las cadenas migratorias que se han establecido desde la Tabla 1 se distribuyen en 5 regiones:

Región 1: Límite de convergencia de las Placas de Nazca-Sudamericana, y Placa de Cocos-Placa del Caribe.

Región 2: Límite convergente entre las Placas Pacífica-Noramericana.

Región 3: Límite convergente entre las Placas Pacífica-Euroasia.

Región 4: Límite de convergencia de las Placas Filipina-Pacífica.

Región 5: Límite de convergencia de las Placas Australiana-Pacífica.

## 2.1 Región 1: Límite de convergencia de las Placas de Nazca-Sudamericana, y Placa de Cocos-Placa del Caribe

La Región 1, de acuerdo a su posición geográfica, está formada por las zonas 7, 8, 9 y 10 enumeradas desde el Sur de Chile hasta México (Figura 2).

Desde la Tabla 1, para esta región se observa las relaciones mostradas en la Tabla 2.

En la Tabla 2, las cadenas migratorias que se encuentran con las casillas sombreadas muestran el cambio de actividad sísmica en sentido Sur-Norte, mientras que las que se encuentran con los numerales en color rojo muestran el sentido contrario de movimiento.

Con estos datos se construyó el histograma correspondiente a cada una de las cadenas migratorias encontradas.

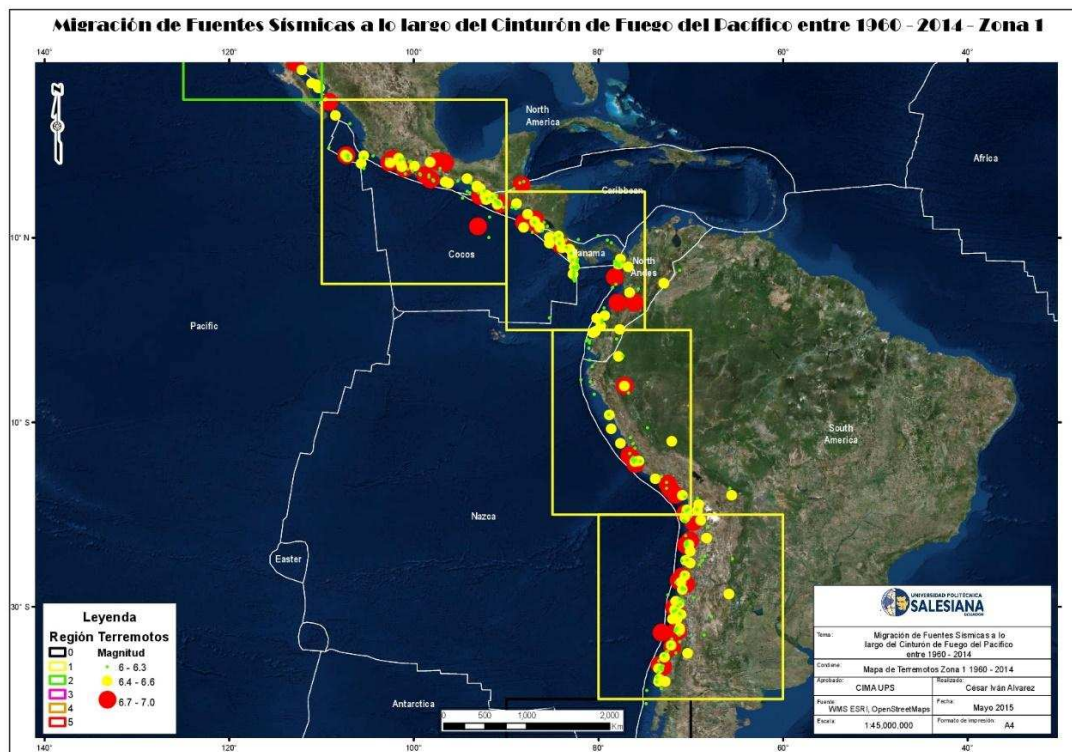
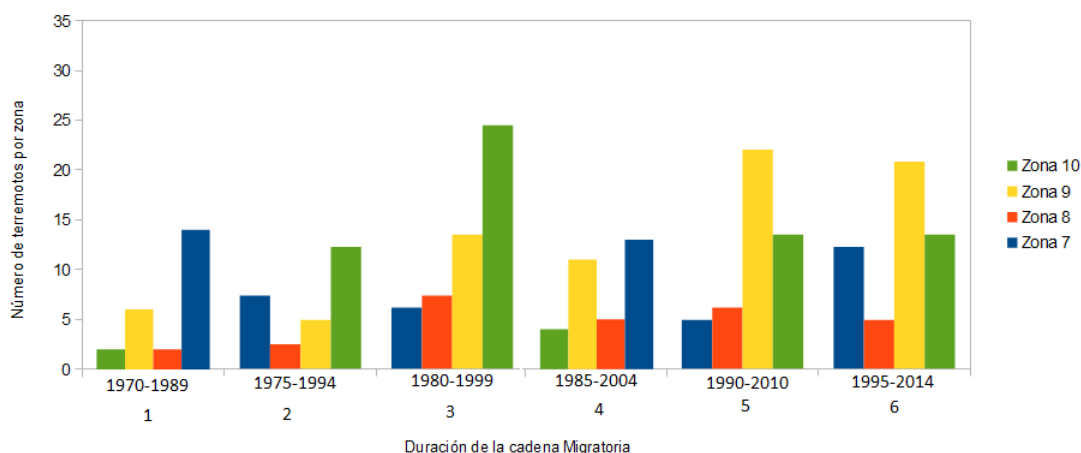


Figura 2. Distribución de epicentros sísmicos 1960-2014.

**Tabla 2.** Distribución de terremotos en el límite de convergencia de las Placas de Nazca-Sudamericana, y Placa de Cocos-Placa del Caribe.

	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 7	6	6	5	14	4	10	13	12	30
Zona 8	6	1	2	6	5	5	4	13	10
Zona 9	2	6	4	4	11	12	18	17	7
Zona 10	2	3	4	4	10	20	12	11	11

**Figura 3.** Distribución de terremotos en la Región 1.

La mayoría de cadenas migratorias en esta región se dan en sentido Sur-Norte, a lo largo del cinturón volcánico de los Andes, pasa por el arco volcánico de Centroamérica hasta el Eje Neo volcánico transversal de México, además poseen picos de actividad en las zonas 7 y 10, esto está relacionado con la presencia de la falla Liquiñe-Ofqui en la zona 7 se encuentra ubicada la falla Liquiñe-Ofqui además de la presencia de varios volcanes activos, por el otro extremo la zona 10 se encuentra en el Eje Neo volcánico que posee mucha actividad sísmica debido a la presencia volcanes activos nuevos.

En esta región las cadenas migratorias 1 y 4 tienen su inicio en 1970 y 1985 respectivamente en la zona 10, avanza a las zonas 9 y 8 y alcanza un máximo de actividad en la zona 7, este fenómeno se produce ya que en la zona 10 en los años 1973 y 1985 ocurren dos eventos de magnitudes 8.8 y 8.0 respectivamente los mismos que debido a la presencia de *aftershocks* cambian la tendencia Sur-Norte de la re-

gión, las otras cadenas van en sentido contrario, es decir, de la zona 7 a la 10 (Figura 3).

## 2.2 Límite convergente entre las Placas Pacífica-Noramerica.

La Región 2, de acuerdo a su posición geográfica, está formada por las zonas 11, 12, 13 y 14 enumeradas desde México hasta las Islas Aleutianas (Figura 4).

Como se puede apreciar en la Tabla 3 se forman 6 cadenas migratorias que comienzan en la zona 11 pasa por la 12 y la 13 alcanza su máximo en la 14 en un periodo de 20 años.

Las cadenas migratorias comienzan en la cordillera de las Cascadas, zona 11 hasta el Arco volcánico Aleutiano zona 14 donde se encuentran los máximos de actividad (Figura 5), por la presencia en dicha zona geografía de 57 volcanes activos que han dado lugar a la formación de las Islas Aleutianas.



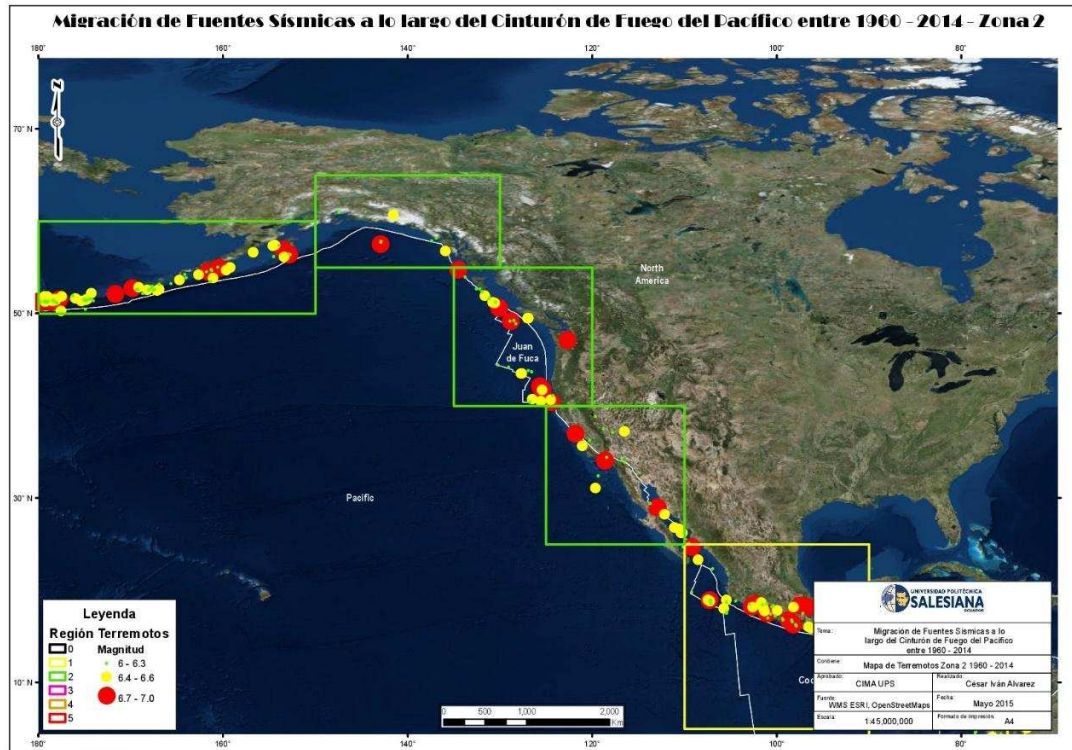


Figura 4. Distribución de epicentros sísmicos 1960-2014.

Tabla 3. Distribución de terremotos en el límite convergente entre las Placas Pacífica-Norteamericana.

	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 11	2	0	2	2	5	1	2	3	4
Zona 12	0	0	0	0	1	0	8	4	5
Zona 13	2	1	2	1	1	0	1	0	1
Zona 14	1	3	6	13	9	10	6	19	11

### 2.3 Región 3: Límite convergente entre las Placas Pacífica-Euroasiática

La Región 3, de acuerdo a su posición geográfica, está formada por las zonas 15, 16 y 17 enumeradas desde la Kamchatka hasta el Arco Sísmico Nipón (Figura 6).

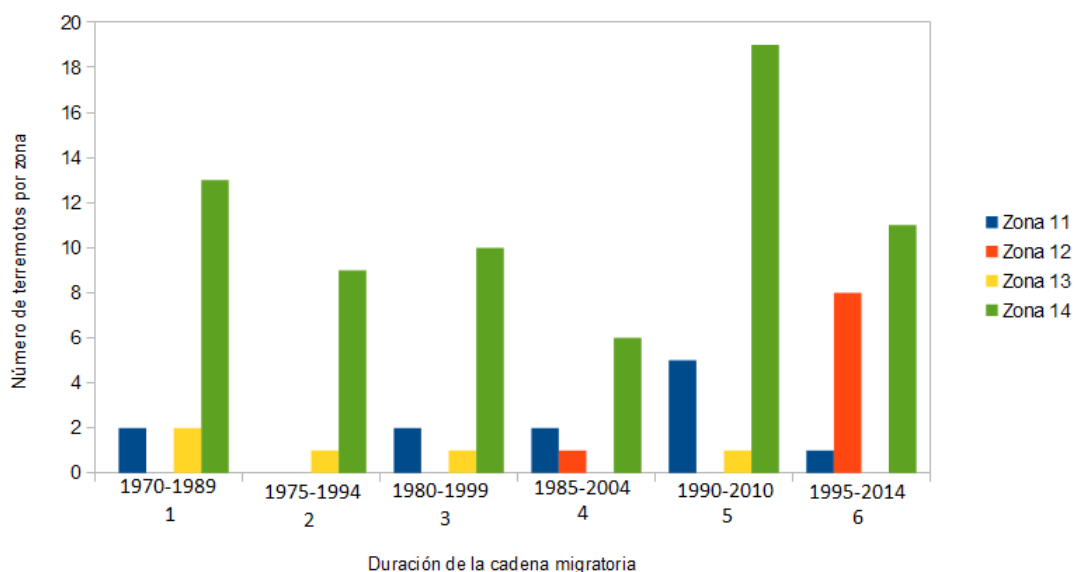
En la región 3 (Tabla 4) se forman 7 cadenas migratorias que comienza en la zona 15 pasa por la 16 alcanza su máximo en la 17 en un periodo de 15 años.

Las cadenas migratorias van desde el Arco volcánico de Kamchatka zona 15 pasando por Japón hasta el Arco Nipón zona 17 (Figura 7) donde se en-

cuentran los máximos de actividad esta migración se da en sentido Norte-Sur y se debe al proceso de subducción tectónica de la placa Pacífica y Filipina debajo de las placas continentales Norteamericana y Euroasiática.

### 2.4 Región 4: Límite de convergencia de las Placas Filipina-Pacífica

La Región 4, de acuerdo a su posición geográfica, está formada por las zonas 18, 9, 13 y 20 enumeradas desde el arco Nipón hasta Australia (Figura 8).



**Figura 5.** Distribución de terremotos en la Región 2.

**Tabla 4.** Distribución de terremotos en el límite convergente entre las Placas Pacífica-Euroasiática.

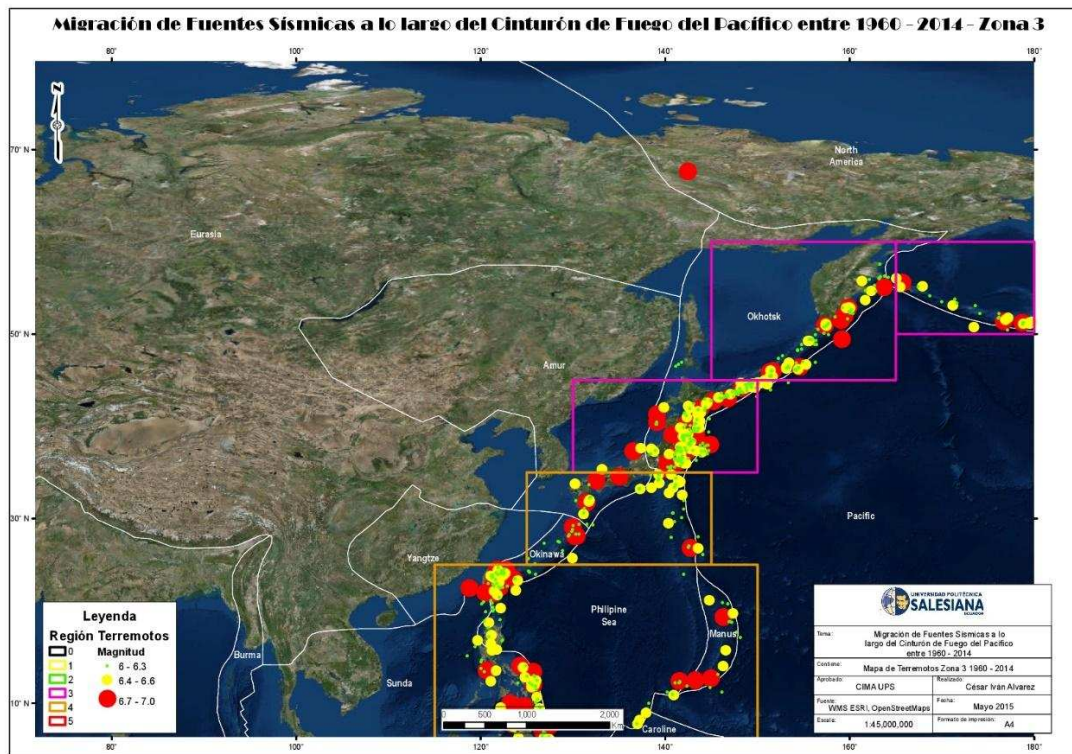
	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 15	0	2	2	5	2	5	5	5	2
Zona 16	7	0	8	7	9	9	5	22	14
Zona 17	8	11	16	16	25	17	21	18	69

**Tabla 5.** Distribución de terremotos en el límite convergente entre las Placas Filipina-Pacífica.

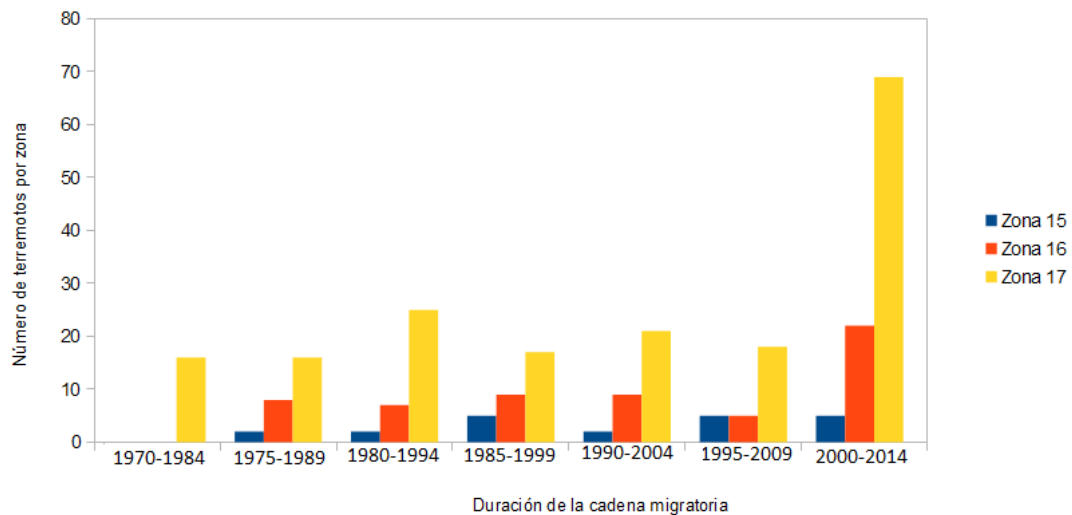
	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 18	4	3	7	5	4	14	15	15	5
Zona 19	9	22	13	22	31	40	23	43	13
Zona 20	11	11	7	22	33	29	46	35	30

**Tabla 6.** Distribución de terremotos en el límite convergente entre las Placas Australiana-Pacífica.

	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 21	29	29	16	33	37	37	81	91	53
Zona 22	5	18	13	23	24	31	24	43	12
Zona 23	0	2	3	4	5	3	4	8	4

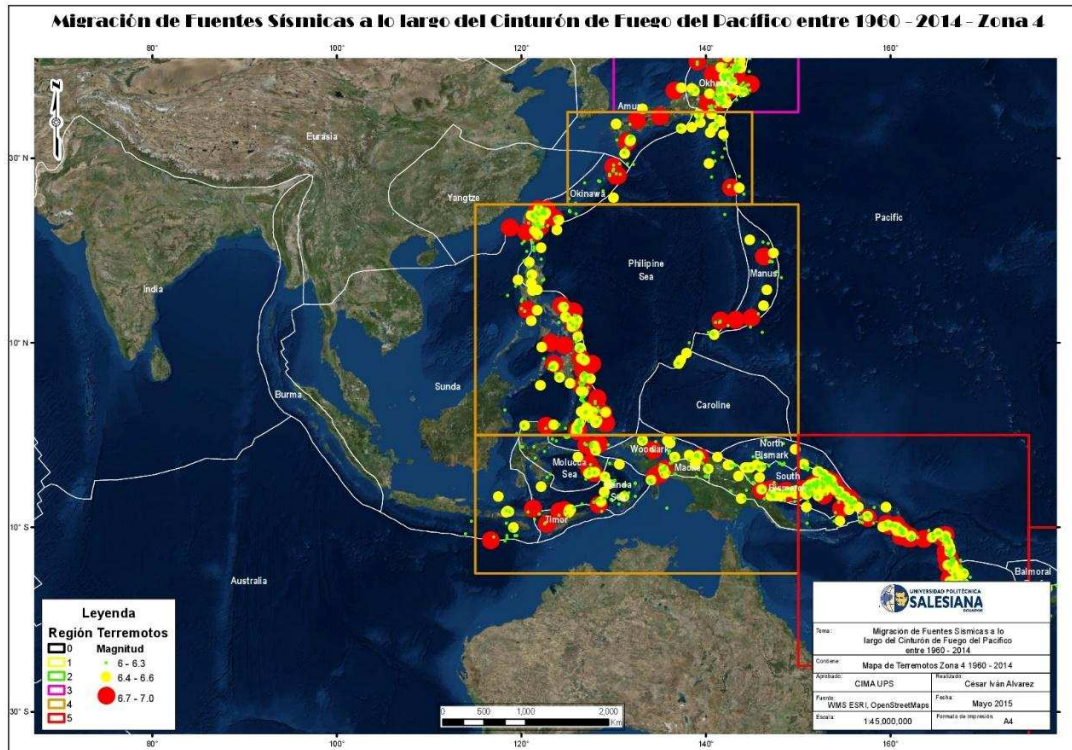


**Figura 6.** Distribución de epicentros sísmicos 1960-2014.

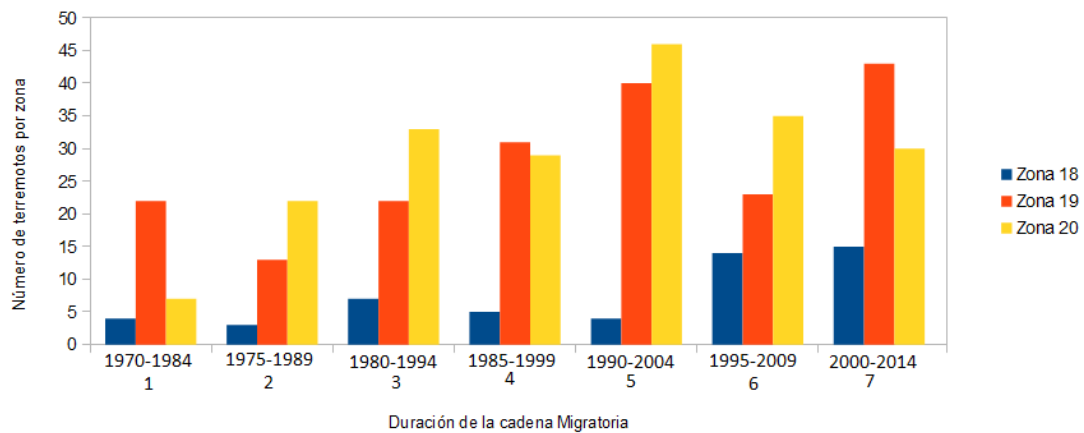


**Figura 7.** Distribución de terremotos en la Región 3.





**Figura 8.** Distribución de epicentros sísmicos 1960-2014.



**Figura 9.** Distribución de terremotos en la Región 4.

Se puede observar en la Tabla 5, la formación de 7 cadenas migratorias que comienzan en la zona 18 pasa por la 19 y alcanzan el máximo en la 20 en un periodo de 15 años.

La actividad sísmica va desde el arco sísmico Nipón arco sísmico Nipón hasta Nueva Guinea donde la placa del Pacífico se hunde por debajo de la placa Australiana (Figura 9).

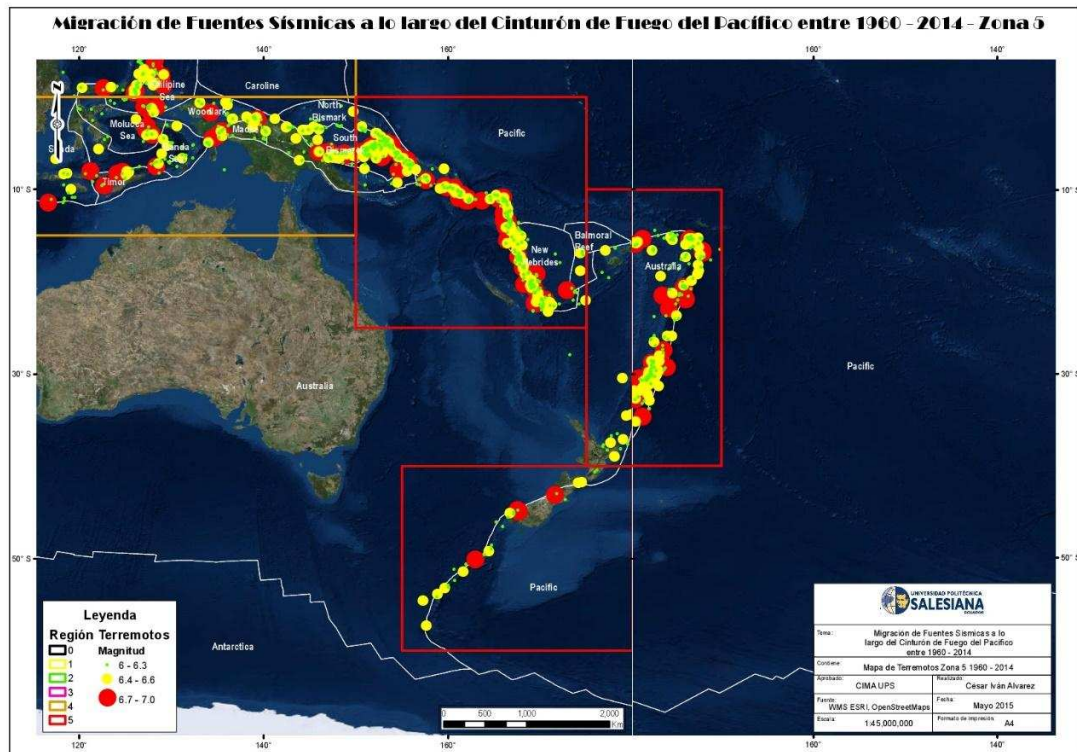


Figura 10. Distribución de terremotos en la región 4.

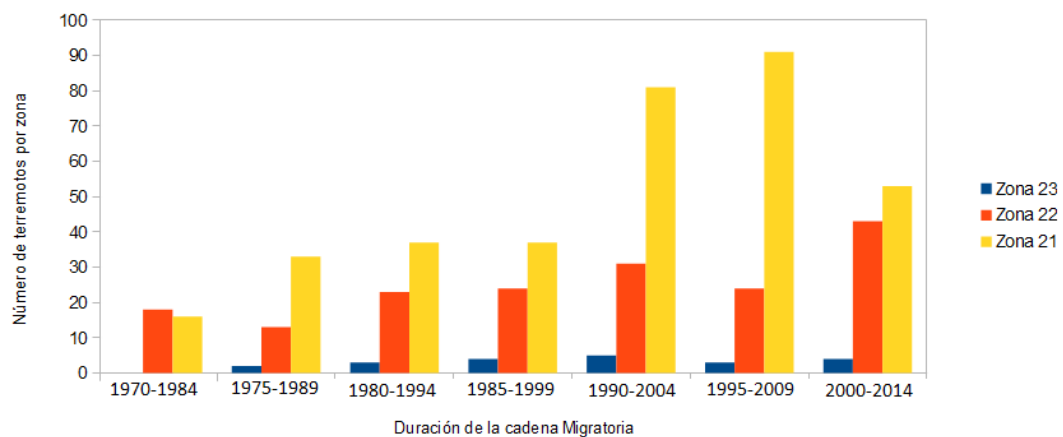


Figura 11. Distribución de terremotos en la región 5.

## 2.5 Región 5: Limite de convergencia de las Placas Australiana-Pacífica

La Región 4, de acuerdo a su posición geográfica, está formada por las zonas 21, 22 y 23 enumeradas

desde el norte de la Fosa de Kermadec hasta el límite de convergencia de la placa del Pacífico con la placa Antártica (Figura 10).

En la Tabla 6, se forman de 7 cadenas migrato-

rias que comienzan en la zona 23 pasan por la 22 y alcanzan el máximo en la 21 en un periodo de 15 años.

En esta región la actividad sísmica migra desde el límite convergente de las placas Pacífica y Antártica hasta la Fosa Oceánica de Kermadec, es decir en este caso se puede observar una migración en sentido horario (Figura 11).

### 3 Conclusiones

De acuerdo a un análisis de los histogramas obtenidos se puede observar que existe una migración de actividad sísmica que va desde el sur de Chile hasta México en sentido anti horario.

Para la región desde la falla de San Andrés hasta Arco volcánico Aleutiano la migración se da en sentido anti horario confirmándose el origen volcánico de las Islas Aleutianas.

En las regiones del Pacífico Noreste desde la Kamchatka hasta Nueva Guinea se aprecia un movimiento en sentido anti horario.

En la zona de subducción de la placa Pacífica y Australiana se observa una migración en sentido horario desde el límite convergente de las placas del Pacífico y Antártica hasta la fosa oceánica Kermadec concentrándose en esta última la mayor actividad sísmica.

### 4 Agradecimientos

El presente artículo es fruto del trabajo de los autores con el apoyo del Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental (CIMA).

### Referencias

- Akmanova, D.R. y N. A. Osipova. 2007. On seismic and volcanic processes relation: case study for the pacific margins (in Russian). **Bulletin of Kamchatka regional association "Educational-scientific center". Earth sciences**. 10:144-155.
- Catálogos de terremotos de IRIS. 2016. <http://ds.iris.edu/SeismiQuery/sq-eventsماغ.htm>
- Mogi, K. 1968. Migration of Seismic Activity Bull. **Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo**. 46:53-74. [http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/index\\_e.html](http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/index_e.html)
- Викунин, А.В. 2000. Миграция и осцилляции сейсмической активности и волновые движения земной коры. Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений. (La migración y las oscilaciones de la actividad sísmica y la onda movimientos de la corteza. Los problemas de la geodinámica y la predicción de terremotos.) I Российско-Японский семинар (1<sup>er</sup> seminario japonés-ruso). Хабаровск. (**Khabarovsk**) 26-29 de septiembre. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. С. пág. 205-224.
- Осипова, Н.А. 2007а. Определения скорости миграции тихоокеанских землетрясений в области магнитуд  $M > 8.0$ . (Determinación de la velocidad de migración del Pacífico Terremoto de magnitud  $M > 8.0$ ). Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню Вулканолога. (**Actas de la anual conferencia dedicada al Día de Vulcanología**). 28 al 31 de marzo. пág. 183-190. [http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc\\_day/2007/index.php](http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2007/index.php)
- Осипова, Н.А. 2007b. О миграции тихоокеанских землетрясений в области магнитуд  $M > 8$ . Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России. (Acerca de la migración del Pacífico terremoto de magnitud  $M > 8$ . Monitoreo geofísico y las cuestiones de seguridad sísmica Extremo Oriente de Rusia). Труды региональной научно-технической конференции. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2008. С. (**Actas de la científica y técnica regional conferencia. Academia Rusa de Ciencias, 2008.**) 11 a 17 de noviembre. пág. 196-199. <http://www.emsd.ru/konf071112/lib2.php>